HVALFJØRDUR TUNNEL PROJEKT

Stig Eriksson
Anläggning och Kraftverk
Skanska Stockholm AB

BAKGRUND

Hvalfjørdur är en drygt 30 km lång och relativt djup fjord som ligger strax norr om Reykjavik och all trafik till norra och nordvästra Island leds runt fjorden, se bil 1. Den första vägförbindelsen runt fjorden var klar 1934, men hela sträckan var inte belagd förrän 1990. Trafikmängden idag är mindre än 2 500 ÅDT (årsmedeldygnstrafik).

Redan 1945 gjordes den första utredningen beträffande en färjeförbindelse över fjorden och följdes av ett flertal utredningar under 60, 70 och 80-talet. I samband med byggandet av Grundartangi smältverk på norra sidan gjordes 1988 den första utredningen som förordade en tunnelförbindelse under Hvalfjørdur.
1990 tillsattes en arbetsgrupp för en tunnelförbindelse och 1991 bildades aktiebolaget Spölur som består av intressenterna på norra sidan dvs. cementfabriken, smältverket och kommunerna samt isländska vägverket och några mindre ägare.
Spölur fick av isländska staten koncessionen att bygga och driva tunneln samt att uppta betalning för färd genom tunneln tills att det att alla lån var återbetalda samt skälig avkastning på eget kapital erhållits.

Idag finns en färjeförbindelse mellan Akranes och Reykjavik som läggs ned när tunneln tas i drift.

Under åren 1991 till 1993 gjorde Spölur flera trafikstudier, ytterligare utredningar samt utförde förundersökningar för byggande av en undersjöisk tunnel för att 1994 i nordisk konkurrens infordra anbud på byggande av tunneln.
Tunneln är privatfinansierad och avgiftsbelagd. Återbetalningstiden beräknas till 15 till 20 år baserat på en trafikvolym av 1200 till 1500 ÅDT.

PROJEKTET

Tunnelprojektet består av en 5 762 m lång enkeltunnel varav 5 484 m är bergtunnel och 278 m är betongtunnel vid båda portalerna, dessutom ingår cirka 400 m väg utanför tunneln.
Projektet är en totalentreprenad innefattande design, byggnation, installation samt drift av tunneln under en tremånadersperiod innan "taking over" sker av Spölur.
Den tekniska specifikationen samt all design för projektet baseras på norsk norm.

Tunnelns lägsta punkt under fjorden är - 165 m och den norra sidan har en lutning av 8,1 % med den trefiliga sektionen T 11 (ca 78 m^2) medan den södra sidan är flackare med 7,0 % respektive 4,4 % lutning och den tvåfiliga sektionen T 8,5 (ca 58 m^2), se bil 2.

Tunneln är av typ klass B enligt norsk norm med en design hastighet av 80 km/tim, nischer finns för trafik och installationer med 500 m mellanrum.

Vid lägsta punkten finns pumpstationen installerad med en extra lagringsvolym motsvarande ett dygns inläckage i tunneln för att klara eventuella avbrott. Accepterat inläckage är maximerat till 30 l/min och 100 m tunnel.

Ventilationen av tunneln klaras med hjälp av ett 40-tal dubbelverkande jetfläktar. Vid den norra sidan finns betalstationen som även innefattar alla styr och kontroll-system för samtliga installationer i tunneln.

GEOLOGI

Island är beläget mitt på den mittatlantiska ryggen mellan den nordamerikanska och europeiska plattan.
Dessa plattor rör sig årligen omkring 2 cm isär och de nya sprickorna som därvid uppstår fylls med vulkaniskt basaltiskt berg. Sprickzonen korsar Island från sydväst till nordost och är belägen cirka 30 km från Hvalfjordur tunneln. Det isländska berget är således yngst nära sprickan och äldst längst ifrån dvs. i nordvästra Island. Vid Hvalfjørdur är berget omkring 3 miljoner år gammalt.
Vid tunneln ligger lavaflödena ganska plant med en svag lutning mot sydost. Varje lavaflöde är cirka 4 till 10 m mäktigt och mellan flödena kan svaga sedimentära lager förekomma.
Lagren korsas av framförallt vertikala förkastningar och gångar som oftast är parallella med fjorden och således vinkelräta mot tunneln, se bil 3.
På grund av närheten till sprickzonen är bergskorpan relativt tunn varför temperaturgradienten är i storleksordningen 15 till 18 grader per 100 m och temperaturen väntas därför bli drygt 25 grader vid tunnelns lågpunkt.

KONTRAKTUELLT UPPLÄGG

Spölur är ett aktiebolag med ett begränsat aktiekapital och dess största tillgång är koncessionen att driva Hvalfjørdur tunneln tills att alla lån är återbetalda samt skälig avkastning på eget kapital erhållits varvid tunneln tillfaller statliga vägverket.

För projektets uppläggning har Spölur anlitat tekniska och finansiella rådgivare.
Den övergripande tekniska rådgivaren O.T Blindheim har deltagit i förstudier och utarbetat tekniska specifikationer samt "basic design" baserad på norsk norm.

De övergripande finansiella rådgivarna har varit Babcock & Brown samt Nomura Bank som assisterat beträffande finansiering, säkerheter och risker samt kontraktuellt upplägg. Rådgivare till Spölur i legala frågor har Clifford Chance varit.

Spölur har ordnat den långsiktiga finansieringen av tunneln (Hancock USA samt isländska pensionskassor) som träder ikraft när projektet är klart och tagits över av Spölur.
Som säkerhet för lånen finns ett " Security package" som består av följande dokument:
- Aktierna i Spölur
- Koncessionsavtalet
- Spölurs bankkonton
- Alla kontrakt angående projektet

För att göra lånevillkoren mer lockande sattes följande krav på byggkontraktet:
- Totalentreprenad
- Fast pris med mycket små regleringar,se bil 4
- Tak på betalningar, dvs betalningar utöver takpris i form av skuldsedlar med låg prioritet
- Byggtid är 36 månader + 3 månaders testdrift
- Längsta byggtid som finansiär är bunden att tillhandahålla lån (51 månader)
- Byggentreprenören driver tunneln under en testperiod innan "taking over"
- Garantitiden för projektet är 5 år
- Finansiering ordnas av byggentreprenör under byggtiden

Anbud lämnades under augusti 1994, men kontrakt skrevs inte förrän feburari 1996 dvs. 18 månader senare. Processen blev utdragen på grund av att några banker hoppade av då inga statsgarantier gavs som de hoppats på samt att arbetet med alla kontrakt som behövdes blev långt mer krävande än vad de flesta förestållt sig.
Totalt finns 39 kontrakt för att reglera alla kontraktuella och legala frågor och under det sista halvåret innan kontrakt ingicks var troligen ett 40-tal jurister och ekonomer involverade för att färdigställa alla dessa kontrakt.

Fossvirki är totalentreprenör för tunnelprojektet och gruppen består av Skanska International 70 %, Istak 20 % samt Phil & søn 10 %.
Finansieringen under byggnadstiden ombesörjs av ett banksyndikat lett av SE - banken.
Under byggtiden har Fossvirki samt banksyndikatet ovan nämnda "Security package" som säkerhet mot Spölur. Dessutom har Fossvirkis partners dvs:Skanska International, Istak och Phil & søn ställt ut garantier till bankerna.

IMPLEMENTERING

Projektet startade 28 feburari 1996 och planeras vara klart för trafik 36 månader senare dvs. 28 feburari 1999. Under de två första åren sker etablering samt alla sprängningsarbeten och under det tredje året färdigställs inredning och installationer, se bil 5.
Därefter är Fossvirki ansvarig för driften under en testperiod för att visa att alla installationer, styr och kontrollsystem fungerar tillfredsställande.

Projektet är en totalentreprenad och Fossvirki har anlitat Skanska Teknik för all design under jord samt det isländska konsultföretaget VST för design ovan jord. Håkan Stille är ansvarig för design under jord.
Tunnelförstärkningen är indelad i fem klasser och valet av förstärkningsklass sker med hjälp av Q-metoden men hänsyn tas även separat till geologiska svagheter samt vattentryck, bilaga 6 visar de olika förstärkningsklasserna som används. Förstärkningsklasserna 1 till 4 består av sprutbetong och bultning medan klass 5 innebär betonglining. All bultning i tunneln är av typ ”combicoat” dvs. korrosionsskyddet består av galvanisering + epoxylackning.

Fossvirki har en teknisk avdelning som sköter geologisk kartering och prognoser, tekniska mätningar och tester, ”detailed design” samt andra tekniska uppgifter. Redovisning av arbetet sker fortlöpande dels med ”tunnellog” (se bil 7) som visar geologi, förstärkning, Q-värde samt förstärkningsklass samt även det liknande dokumentet waterlog som visar vattenrelaterad information dvs. inläckage,vatten och frostisolering samt dränage.

Spölur har en isländsk konsult på plats för kontroll av design och byggnation av projektet, dessutom anlitar de fortfarande vid behov Blindheim som teknisk rådgivare.
Långivaren Hancock har anlitat Atkins, UK som deras konsult och banksyndikatet för lån under byggtiden har anlitat Noteby, Norge för att kontrollera att projektet byggs enligt kravspecifikationen och till rätt kvalite. Bankernas konsulter får en del dokumentation fortlöpande samt besöker arbetsplatsen var tredje månad för inspektion av utförda arbeten.

En omfattande kvalitetsplan är utformad för projektet som har godkänts av både Spölurs konsult samt bankernas konsulter.

Eftersom riskerna för detta projekt i mycket stor utsträckning tas av Fossvirki har en riskanalys utförts av en oberoende grupp för att belysa riskerna samt att få förslag på åtgärder för att minska riskerna t ex. utökade eller kompletterande undersökningar, larmnivåer för att utföra dessa eller att ändra till en mer försiktig drivningsmetod.

Enligt den tekniska specifikationen skall fyra 30 m långa sonderingshål borras kontinuerligt längs tunneln med minst 8 meters överlapp. Dessa hål ger information om framförliggande bergkvalite samt utgör underlag för om injektering skall göras. Vid sonderingen förs ett protokoll där notering görs angående borrsjunkning,borrkax, vattenförekomst, temperatur, tryck samt salthalt.
Kriteriet för injektering kan ändras beroende uppmätt inläckage i tunneln men generellt kan sägas att om uppmätt inläckage är större än 5 - 10 l/min för ett sonderingshål eller 10 - 20 l/min för alla 4 hålen utförs injektering.
För vissa sonderingshål görs även en tryckuppbyggnadstest för att få information om akvefärens egenskaper.

Vid behov skall ytterligare kompletterande undersökningar göras för att öka kunskapen i kritiska områden och några av följande alternativ är tänkta att användas:
- utökad sondering (flera hål, andra vinklar och längder, utökad mätning)
- kärnborrning
- seismiska undersökningar eller andra geofysiska mätningar
- mätning av deformationer med extentiometer

För att klara eventuella problematiska partier i tunneln finns på arbetsplatsen idag material och utrustning för att klara av ett flertal olika tänkbara händelser, såsom:

- spilingbultar, vanliga + självborrande
- swellexbultar
- stålbågar
- polyuretan av tvåkomponentstyp
- stufform för både sektion T 8,5 och T 11
- liningform för sektion T 8,5

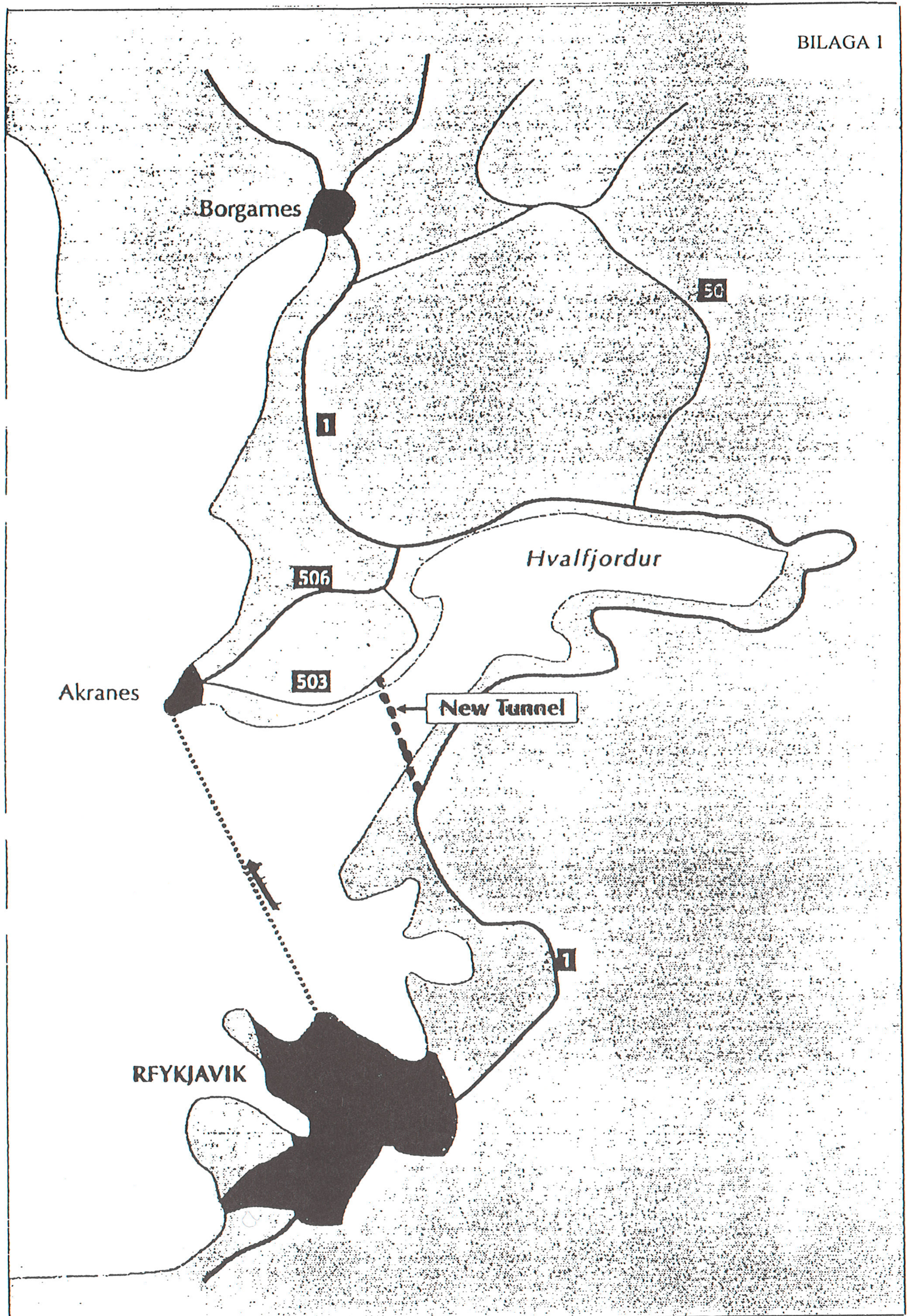
På arbetsplatsen upprättas med hjälp av bl a information från riskanalysen handlingsplaner med larmnivåer när och vad som skall utföras beträffande kompletterande undersökningar samt när val av andra mer fösiktiga drivningsmetoder bör göras.

DAGSLÄGET

När detta skrivs, i slutet av januari 1997, har mer än 2,400 m tunnel sprängts ut av bergtunnelns totala längd 5,484 m. Mängden förinjektering har varit mindre än förväntat.

Tidsmässigt ligger vi drygt 2 månader före tidplanen, dels på grund av de minskade injekteringsmängderna men också beroende på utökad skiftgång. Dessutom har en hög produktivitet också bidragit till tidsvinsterna.

Inläckaget i tunneln har också kunnat begränsas så för den idag utförda sprängda längden har det uppmätts till 5 - 6 l/min och 100 m, vilket är drygt 20 % av projektkravet.


BILAGA 1
Borgarnes
50
1
506
Hvalfjordur
Akranes
503
New Tunnel
1
RFYKJAVIK

BILAGA 2

VEGGÖNG

SJÅVATBOTN

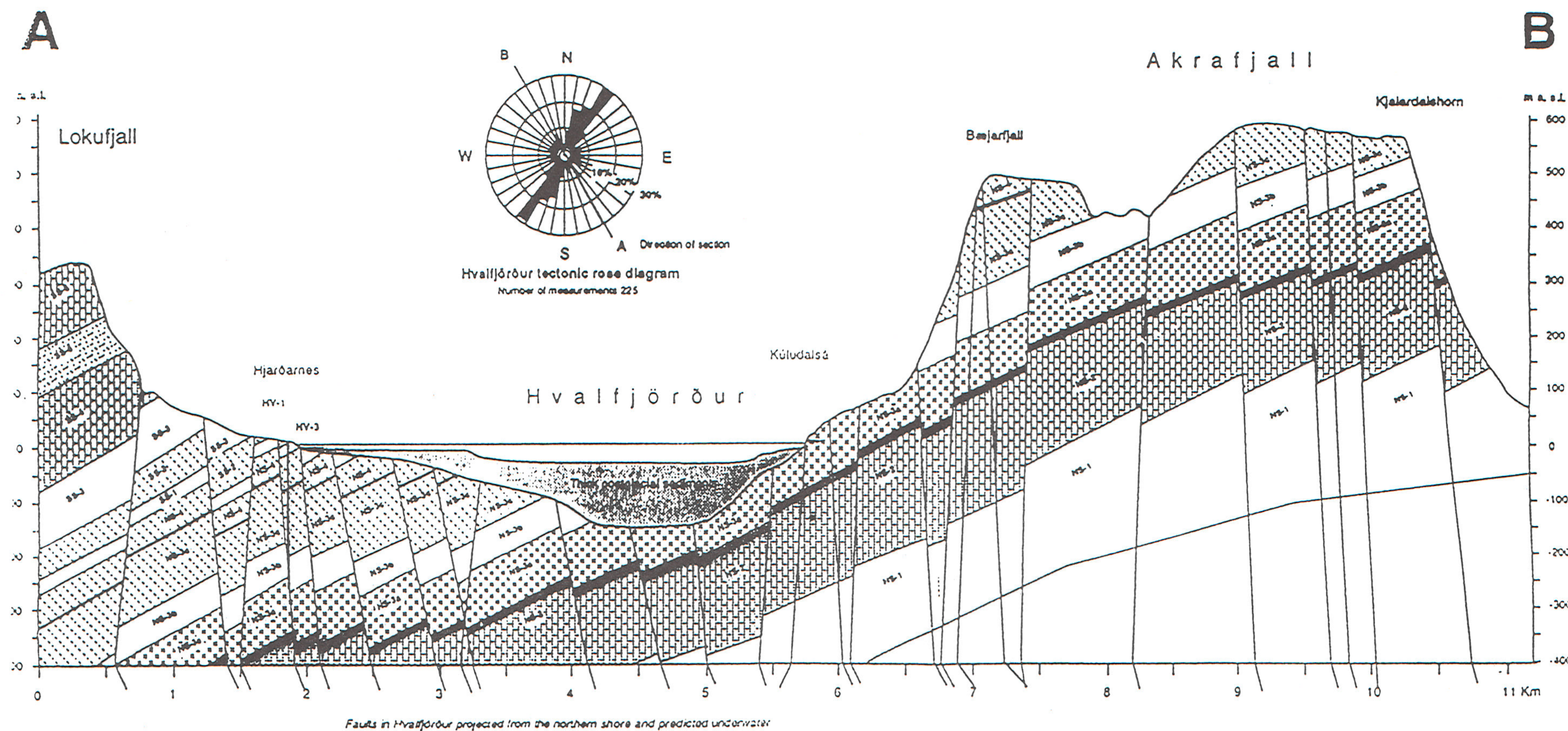
REDUCED DRAWING
A1 -> A3
REDUCTION: 1:2

ISSUED FOR TENDERING

SPOLUR

Akrafjäll - Hvalfjördur
Probable schematic geological section

Based on field mapping and cored drillholes



LEGEND

- Tholeiite lavas with thin interbeds
- Thin porous tholeiite lavas with occasional thin interbeds
- Olivine tholeiite lavas (compound flows) with thin interbeds
- Porphyritic lavas with thin interbeds
- Thick sedimentary interbeds

Fault zone

Location see Fig 1

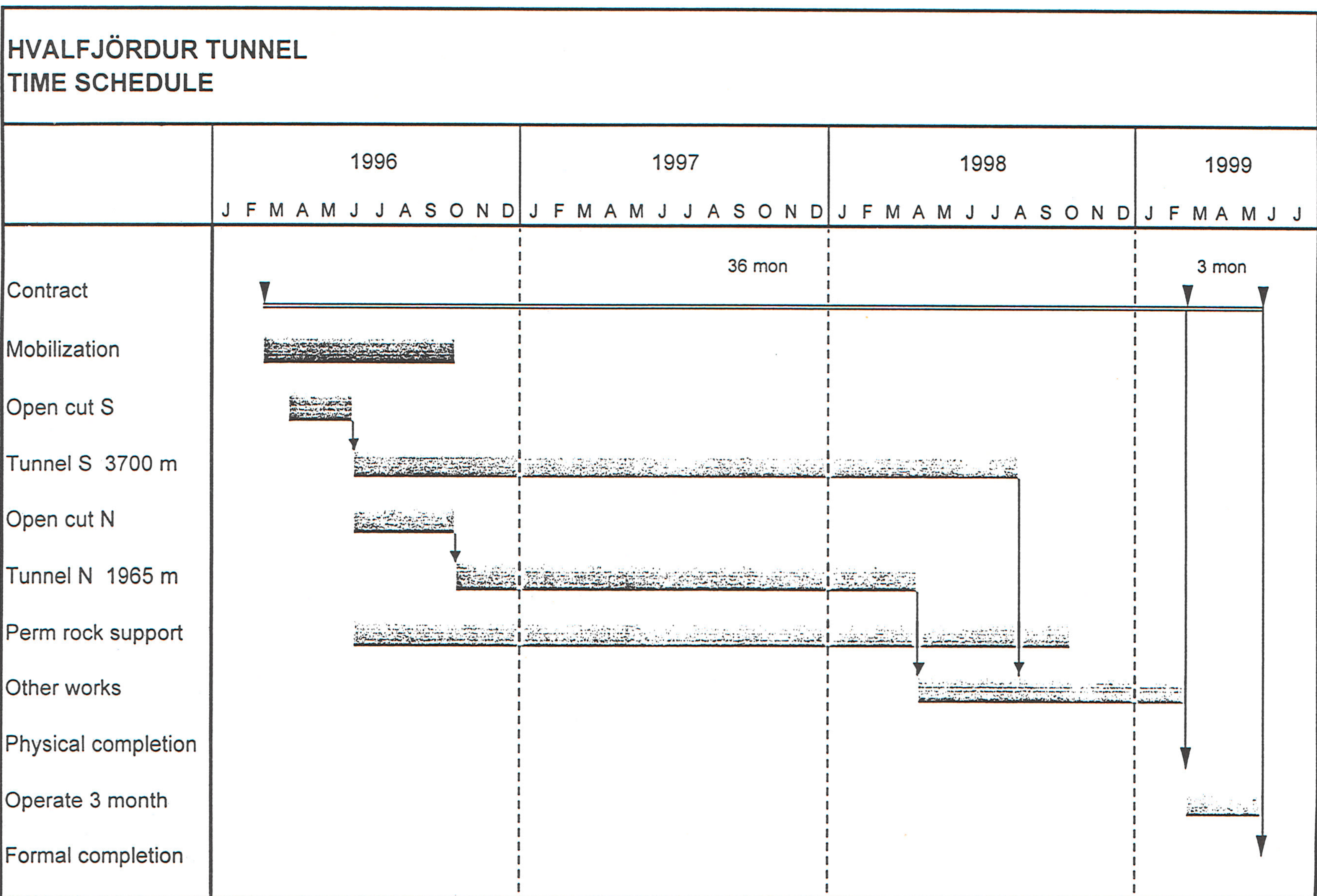
JARÐTÆKNISTOFAN HF / JTS Geotechnical Services Ltd	Hvalfjörður Tunnel	JTS - 27
SPÖLUR HF	Akrafjall - Hvalfjörður	
	Probable schematic	

BILAGA 4

SPÖLUR
TUNNEL HVALFJÖRÐUR
ANNEX D-6

BILL OF QUANTITIES

1. Turnkey delivery:	Price: See Tender form.	
2. Regulated items:		
2.1 Grouting:	Rounds	unit price: ....
2.2 Rock support class 3	M	unit price: ....
2.3 Rock support class 4	M	unit price: ....
2.4 Water shielding lining	M^2	unit price: ....
3. Optional items		
3.1 Extra HV-cables	RS	price: ....
3.2 Pipes for telephone cables	RS	price: ....
3.3 Concrete road pavement instead of asphalt	RS	price: ....
3.4 Extra outside	RS	price: ....
4. For tender evaluation (items included in Price):		
4.1 Power supply installations installed		price: ....
4.2 Pumps and high pressure pipe installed		price: ....
4.3 Ventilators installed		price: ....



HVALFJÖRDUR TUNNEL
TIME SCHEDULE
1996
1997
1998
1999
J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J
36 mon
3 mon
Contract
Mobilization
Open cut S
Tunnel S 3700 m
Open cut N
Tunnel N 1965 m
Perm rock support
Other works
Physical completion
Operate 3 month
Formal completion

BILAGA 5

BILAGA 6

ROCK SUPPORT CLASS	Q-VALUE	ROCK SUPPORT
CLASS 1 (LIGHT)	Q > 4,0	SPOT BOLTING / SHOTCRETE 40 MM
CLASS 2 (MEDIUM)	1,0 < Q < 4,0	SPOT AND SYSTEMATIC BOLTING / SHOTCRETE 50-150 MM
CLASS 3	0,1 < Q < 1,0	SYSTEMATIC BOLTING / FIBER REINFORCED SHOTCRETE 80-100 MM
CLASS 4 (HEAVY)	Q < 0,1	SYSTEMATIC BOLTING / FIBER REINFORCED SHOTCRETE 130-150 MM / REBAR REINFORCED SHOTCRETE (RIBS)
CLASS 5 (EXTRA HEAVY)		CAST-IN-PLACE CONCRETE LINING

GEOLOGY

STATION 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730

GROUTING

ROCK SUPPORT

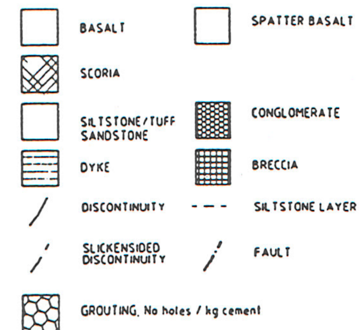
ROUND NO	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
WEEK NO	96/46							96/47												

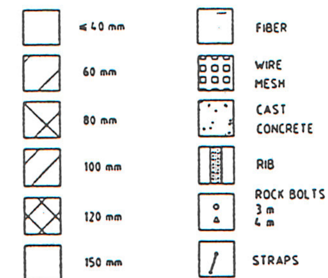
ROCK SUPPORT CLASS AND Q-VALUES

	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
WALL	2 1.3-2.7	1.6	2F 0.1-2.7	0.5-7.7	0.5-7.7	2 2.2-7.7	2.2-7.7	2 0.8-3.8	2-2.5	2 2-2.5	2-3.6	2-3.6	2 1.6-2.6	1.6-2.6	2.7	2.7	2 4.7	4.7	2.7-5.4	2 2.7-5.4
ROOF	3 0.1-2.7	0.1-1.6	3 2.7-4.1	2.7	2.7	2 0.5-2.7	0.5-2.7	2F 1-5.4	2.5	2 2.5	3.6	3.6	2 2.1-5.4	2.1-5.4	4.7-6	4.7-6	2 3.7	3.7	0.5-2.7	2F 0.5-2.7
WALL	2 1.3-2.7	1.6	2F 0.1-2.7	0.5-7.7	0.5-7.7	2 2.2-7.7	2.2-7.7	2 0.8-3.8	2.2.5	2 2.2.5	2-3.6	2-3.6	2 1.6-2.6	1.6-2.6	4	4	2 4.7	4.7	2.7-5.4	2 2.7-5.4

STATION 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730

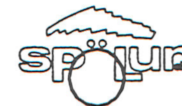
LEGEND





Scale 1:400

Employer



Date	Approved by Engineer

Contractor **FOSSVIRKI sf.**
ISTAK • SKANSKA • PIHL

Date	Approved

HVALFJÖRÐUR TUNNEL

TUNNEL LOG, GEOLOGY AND PERMANENT ROCK SUPPORT
ST 2+630 TO 2+730

Document no.	Rev.	Date
FV.100.009	A	1996-11-25

BILAGA 7